

00 17840



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

③⑦ **EP 0 555 063 B 1**

⑩ **DE 693 24 391 T 2**

⑤① Int. Cl.⁶:
H 04 B 10/16
H 04 J 14/08
H 04 B 10/18

⑦① Deutsches Aktenzeichen: 693 24 391.0
③⑤ Europäisches Aktenzeichen: 93 300 774.2
③⑤ Europäischer Anmeldetag: 3. 2. 93
③⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 11. 8. 93
③⑦ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 14. 4. 99
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 4. 11. 99

DE 693 24 391 T 2

③⑩ Unionspriorität:

46391/92 03. 02. 92 JP
129354/92 23. 04. 92 JP

⑦③ Patentinhaber:

Kokusai Denshin Denwa K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Patentanwälte Ruff, Beier und Partner, 70173
Stuttgart

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

⑦⑦ Erfinder:

Suzuki, Masatoshi, Kasashima-Machi,
Saitama-Ken, JP; Edagawa, Noboru, Tokyo-To, JP;
Tanaka, Hideaki, Koganei-Shi, Tokyo-To, JP;
Yamamoto, Shu, Shiki-Shi, JP; Matsushima, Yuichi,
Tokorozawa-Shi, JP

⑤④ Vorrichtung zur optischen Wellenformung

DE 693 24 391 T 2

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Europ. Patentanmeldung: 93300774.2

Veröffentlichungsnummer: 555 063

Deutsche Übersetzung der Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen, die eine Wellenformangleichung und Zeitsynchronisation für eine digitale faseroptische Kommunikation in Hochgeschwindigkeit durchführt, durch die Verwendung eines optischen Impulssignals mit einem Impulstastverhältnis im Bereich von 1 in Bezug auf einen Zeitkanal.

Mit dem jüngsten Fortschritt optischer Verstärkungstechniken erlaubt die faseroptische Kommunikationstechnik eine Verwirklichung von Übertragungen über ultralange Distanzen, beispielsweise über den Pazifischen Ozean, ohne Verwendung herkömmlicher regenerativer Repeater (Wiederholer). Bei dieser linearen optischen Verstärkungs-Wiederholungs-Transmission erfährt die übertragene Wellenform jedoch bei zunehmender Übertragungsgeschwindigkeit eine graduelle Beeinträchtigung, die durch die Wellenlängendispersionscharakteristik und einen nichtlinearen optischen Effekt der verwendeten optischen Faser bedingt ist, was der Ultrahochgeschwindigkeitsfernübertragung Grenzen setzt. In den letzten Jahren stand ein optisches Solitonkommunikationssystem im Rampenlicht als ein System, das die Einschränkungen zur Beschleunigung der Transmission, bedingt durch die Wellenlängendispersionscharakteristik und nichtlinearen optischen Effekt überwindet. Das optische Solitonsystem ist derart, daß Wellenlängendispersionscharakteristik und nichtlinearer optischer Effekt der optischen Faser positiv genutzt werden, die als Einflußfaktoren zur Beeinträchtigung der Transmissionscharakteristik des oben genannten Systems aus dem Stand der Technik beitragen, und das kurze optische Impulse intakt überträgt, während ihre Verbreiterung durch die Wellenlängendispersion in der optischen Faser und ihre Kompression durch den nichtlinearen optischen Effekt ausgeglichen wird. Ein Zeitmultiplex- und ein Wellenlängenmultiplexsystem sind auch relativ leicht zu

implementieren und sind für Hochgeschwindigkeitsübertragung großer Kapazität geeignet.

Im Falle der Implementierung des optischen Solitonkommunikationssystems mit großem optischen Verstärkungsrepeaterabstand durch Auswahl einer großen Verstärkerleistung in einem optischen Verstärkungssystem für eine Entfernung über den Pazifik oder ähnlich ultralange Entfernung, erhöht sich eine Rauschkomponente von Licht, das spontan aus jedem optischen Verstärker emittiert wird, und wenn die Übertragungsdistanz sich erhöht, werden solche Rauschkomponenten akkumuliert, was zu einer Abnahme des Signal-Rausch-Verhältnisses des ganzen Systems führt und damit die Empfangseigenschaften beeinträchtigt. Der Hauptfaktor der Beeinträchtigung der Empfangseigenschaften ist eine Zeitschwankung, die aus einer unkontrollierten Geschwindigkeitsmodulation der optischen Solitonimpulse herrührt, die durch die Wechselwirkung der akkumulierten Rauschkomponenten und des nichtlinearen optischen Effekts der optischen Faser bedingt ist. Wenn der zu empfangende Impuls, begleitet von der Zeitschwankung, nicht im Zeitkanal eines Signals eintrifft, wird ein Fehler induziert. Um dies zu vermeiden, ist es notwendig, daß die Verstärkung des Verstärkers gering ist, um das Rauschen zu unterdrücken, und der Abstand der optischen Verstärkungsrepeater relativ klein wird.

Dagegen wurde ein Verfahren vorgeschlagen, das eine Erhöhung einer solchen Zeitschwankung durch erneute Zeiteinteilung und Wellenformung des übertragenen Signals durch einen optischen Modulator verhindert, nachdem der Durchtritt des Signals durch eine gewisse Anzahl von optischen Verstärkerrepeatern ermöglicht ist (Veröffentlichung 1, M. Nakazawa et al., "10 Gbit/s soliton data transmission over one million kilometers", Electronics Letters, Bd. 27, S. 1270-1272, Juli 1991). Gemäß Veröffentlichung 1 ist eine Schleife von 510 km

hergestellt, die durch optische Verstärker und optische Fasern ausgebildet ist, ein optischer Modulator mit LiNbO_3 eingesetzt in die Schleife ist von einem elektrischen Signal angetrieben, das mit einem übertragenen Kode synchronisiert ist, um ein Gate zur Zeitdomäne zu schaffen, erneute Zeiteinteilung und Wellenformung des übertragenen Signals werden vom Gate vorgenommen und optische Impulse werden durch die Schleife verbreitet, wodurch eine optische Faserübertragung über lange Distanz simuliert wird.

Da gemäß Veröffentlichung 1 der optische Modulator mit LiNbO_3 verwendet ist, der Interferenz von Lichtstrahlen spezifischer Wellenlängen und spezifischer Polarisationsrichtungen verwendet, ist jedoch die Gatewellenform auf der Zeitdomäne fixiert und es ist unmöglich, akkumuliertes Rauschen mit einer spektralen Komponente einer breiten Zeitdomäne, über die das Gate geschlossen ist, zu löschen oder zu entfernen. Da außerdem der Zustand lokaler Polarisation des Übertragungssystems im echten System mit der Zeit schwankt, schwankt auch die Modulationscharakteristik des optischen Modulators mit LiNbO_3 mit der Zeit, und daher kann der optische Modulator mit LiNbO_3 nicht genutzt werden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen zur Verfügung zu stellen, die die Ausbildung einer beliebigen Zeitdomänen-gatewellenform und die Eliminierung akkumulierten Rauschens ermöglicht und die erneute Zeiteinteilung und Wellenformen des übertragenen Impulssignals ungeachtet des Polarisationszustands des einfallenden Lichts ermöglicht.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen zur Verfügung gestellt, in der bei Anwendung ein optisches Inputimpulssignal in einem Modulator durch ein Modulationssignal so moduliert

wird, daß eine Wellenformung und eine erneute Zeiteinteilung vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Inputweg zum Empfangen des optischen Inputimpulssignals durch einen optischen Verzweigungsschaltkreis in zwei Wege verzweigt wird, wobei jeder der Wege zum Empfangen eines zugehörigen der beiden verzweigten optischen Signale aus dem optischen Verzweigungsschaltkreis vorgesehen ist, ein optischer Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp als Modulator in einem der beiden Wege vorgesehen ist, um eines der beiden verzweigten optischen Signale durch das Modulationssignal zu modulieren, wobei bei Anwendung, eine Gleichspannung auf den optischen Modulator aus einer Gleichspannungsquelle aufgebracht wird, und daß der andere Weg der beiden Wege dazu vorgesehen ist, daß er das Modulationssignal von dem anderen der beiden verzweigten optischen Signale erhält, wobei der andere Weg umfaßt: einen Photodetektor zum Empfangen des anderen der beiden verzweigten optischen Signale und zum Konvertieren dieses Signals in ein elektrisches Signal, einen Bandpassfilter, um Durchtritt einer im wesentlichen sinusförmigen Spannung hierdurch zu ermöglichen, die mit einer Bitrate des optischen Inputimpulssignals synchronisiert ist, die die fundamentale Frequenzkomponente des durch den Photodetektor konvertierten elektrischen Signals ist, einen Verstärker zum Verstärken der sinusförmigen Spannung, die den Bandpassfilter passiert hat, und einen Verzögerungsschaltkreis zum Empfangen und Verzögern der sinusförmigen Spannung, die von dem Verstärker verstärkt wurde, und der Gleichspannung von der Gleichspannungsquelle, und um sie auf den optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp aufzubringen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen zur Verfügung gestellt, in der bei Anwendung eine Vielzahl von

von einem optischen Inputzeitmultipleximpulssignal erhaltene optische Inputimpulssignale jeweils in einer Vielzahl von Modulatoren durch entsprechende Modulationssignale moduliert werden, um eine Wellenformformung und Zeitsynchronisation der zugehörigen der Vielzahl von optischen Inputimpulssignalen durchzuführen, dadurch gekennzeichnet, daß:

ein erster optischer Verzweigungsschaltkreis zum Verzweigen des optischen Inputzeitmultipleximpulssignals in die Vielzahl von optischen Inputimpulssignalen vorgesehen ist,

jeder einer Vielzahl von Inputwegen, die zum Empfangen einzelner der Vielzahl von optischen Inputimpulssignalen vorgesehen sind, durch einen zugehörigen einer Vielzahl von zweiten optischen Verzweigungsschaltkreisen in ein entsprechendes Paar einer Vielzahl von Wegepaaren verzweigt wird, deren jedes vorgesehen ist, um zwei verzweigte optische Signale von dem zugehörigen der Vielzahl von zweiten optischen Verzweigungsschaltkreisen zu empfangen,

jeder einer Vielzahl von optischen Modulatoren vom Halbleiterelektroabsorptionstyp ist, wie ein zugehöriger der Modulatoren, in einem entsprechenden Wegepaar vorgesehen, um eines der beiden verzweigten optischen Signale durch ein zugehöriges der Modulationssignale zu modulieren, wobei bei Anwendung, aus einer zugehörigen einer Vielzahl von Gleichspannungsquellen eine Gleichspannung auf den zugehörigen optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp aufgebracht wird,

daß der andere Weg jedes Paares vorgesehen ist, um ein entsprechendes Modulationssignal vom anderen der beiden verzweigten optischen Signale in dem Wegepaar zu erhalten, wobei der andere Weg umfaßt:

eine Vielzahl von Photodetektoren, jeder zum Empfangen des anderen der beiden verzweigten optischen Signale und zum Konvertieren des anderen verzweigten optischen Signals in ein elektrisches Signal,

eine Vielzahl von Mitteln, jedes zum Ableiten einer im wesentlichen sinusförmigen Spannung aus dem zugehörigen der Vielzahl von elektrischen Signalen, die mit einer Bitrate eines nicht multiplexen optischen Inputimpulssignals synchronisiert ist, die die fundamentale Frequenzkomponente jedes der optischen Inputimpulssignale ist,
eine Vielzahl von Verstärkern, jeder zum Verstärken der sinusförmigen Spannung, die ein zugehöriges der Vielzahl von Mitteln passiert hat, und
eine Vielzahl von Verzögerungsschaltkreisen jeder zum Empfangen und Verzögern der sinusförmigen Spannung, die durch einen zugehörigen der Verstärker verstärkt ist, und einer zugehörigen Gleichspannung von der zugehörigen Gleichspannungsquelle und zum Aufbringen der verstärkten sinusförmigen Spannung auf einen zugehörigen optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp.

Die Merkmale der Verzögerungsschaltkreise, der Gleichstromspannungsquellen und der Verstärker sind vorausgewählt, so daß mindestens eine gewünschte Reihe von optischen Impulssignalen aus den optischen Zeitmultipleximpulssignalen abgeleitet wird, die durch einen der optischen Modulatoren vom Halbleiterelektroabsorptionstyp erhalten wurden.

Eine Ausführungsform einer Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen führt Wellenformung, erneute Zeiteinteilung und Verstärkung für binäre faseroptische PCM-Kommunikation durch mit Verwendung eines optischen Impulssignals mit einem Impulsfaktor im Bereich von 1 in Bezug auf einen Zeitkanal. Das optische Impulssignal wird durch einen optischen Verzweigungsschaltkreis in zwei optische Impulssignale geteilt. Eines der beiden optischen Impulssignale wird aufgebracht auf einen Photodetektor, einen Bandpassfilter zum Extrahieren der im wesentlichen fundamentalen Frequenzkomponente des Photodetektoroutputs, einen Verstärker und einen Verzögerungs-

schaltkreis, um eine im wesentlichen sinusförmige Spannung zu erhalten, die mit einer Bitrate des optischen Impulssignals synchronisiert ist.

Das andere optische Impulssignal wird auf einen optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp aufgebracht, der durch die sinusförmige Spannung und eine Gleichspannung aus einer Gleichspannungsquelle betrieben wird. Durch Verändern der Amplitude der sinusförmigen Spannung und der Gleichspannung, die verwendet werden, um den optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp zu betreiben, wird die Breite einer Gatewellenform der Zeitdomäne des optischen Modulators vom Halbleiterelektroabsorptionstyp verändert, um eine Wellenformangleichung und Zeitsynchronisation des optischen Impulssignals durchzuführen.

Eine andere Ausführungsform einer Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen führt Wellenformung, erneute Zeiteinteilung und Verstärkung zur Trennung eines multiplexen Signals im Timesharing in eine binäre faseroptische PCM-Kommunikation durch die Verwendung eines Signals durch, das durch Zeitmultiplexen eines optischen Impulssignals in eine Vielzahl von Impulszügen durch sogenanntes Bitverschachteln erhalten wird, und wobei das optische Impulssignal einen Impulsfaktor im Bereich von 1 in Bezug auf einen Zeitkanal aufweist. Das optische Impulssignal wird in eine Vielzahl von optischen Impulssignalen verzweigt, deren jedes durch einen optischen Verzweigungsschaltkreis in zwei optische Impulssignale weiter verzweigt wird. Eines der beiden verzweigten optischen Signale wird durch einen Photodetektor in ein elektrisches Signal konvertiert, wonach die im wesentlichen fundamentale Frequenz der Bitrate des optischen Impulssignals vor dem Multiplexen extrahiert wird, und der auf diese Weise extrahierte Output wird auf einen Verstärker und einen Verzögerungsschaltkreis aufgegeben, um eine im wesentlichen

sinusförmige Spannung zu erhalten, die mit einer Bitrate des optischen Impulssignals vor dem Multiplexen synchronisiert ist. Das andere verzweigte optische Impulssignal wird auf einen optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp zugeführt, der durch die sinusförmige Spannung und eine Gleichspannung aus einer Gleichspannungsquelle betrieben wird. Durch Verändern der Amplitude der sinusförmigen Spannung und der Gleichspannung, die verwendet werden, um den optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp zu betreiben, wird der optische Modulator so gesteuert, daß die Gatebreite auf der Zeitdomäne kleiner ist als die Zeitbreite, die ein Reziprokwert der Transmissionsrate des optischen Multipleximpulssignals ist und mindestens eine Reihe von Impulssignalen wird vom Multiplexsignal getrennt. Das auf diese Weise abgetrennte optische Impulssignal wird einer Wellenformangleichung und erneuter Zeitsynchronisation unterzogen.

Wie oben beschrieben wird erfindungsgemäß ein optischer Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp, der nicht vom Polarisationszustand des Inputimpulssignallichts beeinflusst wird, zur Durchführung der erneuten Zeiteinteilung und Wellenformung bei der Signaltransmissionsrate verwendet, und im Falle eines zeitmultiplexen Signals, der Transmissionsrate vor dem Multiplexen. Außerdem kann die Gatebreite auf der Zeitdomäne durch Verändern der Gleichspannung geändert werden, die auf den optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp aufgegeben wird, und der sinusförmigen Spannung, die mit einer Bitrate des Inputimpulssignals oder einer Bitrate des Signals vor dem Multiplexen synchronisiert ist.

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun als Beispiel beschrieben mit Bezug zu den begleitenden Zeichnungen, in denen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm darstellt, das eine Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen als optischen Repeater, der einen optischen Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp zeigt, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 ein Diagramm darstellt, das Wellenformen in der Ausführungsform von Fig. 1 zeigt,

Fig. 3 ein Blockdiagramm darstellt, das eine Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen zeigt, das ein nicht multiplexes optisches Signal von einem zeitmultiplexen optischen Signal extrahiert, gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4 ein Diagramm darstellt, das Wellenformen in der Ausführungsform von Fig. 3 zeigt,

Fig. 5 ein Blockdiagramm darstellt, das eine Modifikation der Ausführungsform von Fig. 3 zeigt, und

Fig. 6 ein Blockdiagramm darstellt, das eine andere Modifikation der Ausführungsform von Fig. 3 zeigt.

Ausführungsform 1

Es wird zunächst eine Beschreibung des Arbeitsprinzips der Erfindung gegeben. In Fig. 1 ist ein übertragenes optisches Signal 1 eines, das über eine optische Faser für Langstrecken eines optischen Verstärker-Repeater-Systems übertragen wurde und akkumuliertes Rauschen 100 enthält, das die Gesamtsumme von Rauschkomponenten durch eine Vielzahl von optischen Verstärkern des Übertragungssystems ist, und Zeitschwankungen 101 wie sie in Fig. 2 gezeigt sind. In Fig. 1 wird das übertragene optische Signal 1 durch einen optischen

Faserverstärker 2 verstärkt und wird dann durch einen optischen Verzweigungsschaltkreis, der durch einen optischen Koppler 3 ausgebildet ist, in zwei aufgeteilt, deren eines auf einen optischen Modulator 4 vom InGaAsP-Elektroabsorptionstyp aufgegeben wird. Das andere optische Signal wird durch einen Photodetektor 5 in ein elektrisches Signal konvertiert, das auf einen Bandpassfilter 6 aufgegeben wird, um die fundamentale Frequenzkomponente im wesentlichen zu extrahieren, die nur mit einer Bitrate des optischen Inputsignals synchronisiert ist. Der Filteroutput wird durch einen Mikrowellenverstärker 7 verstärkt, um eine sinusförmige Spannung zu erzeugen, auf die eine umgekehrte Sperrvorspannung von einer Gleichspannungsquelle 8 überlagert wird. Die sinusförmige Spannung wird dann auf einen Verzögerungsschaltkreis 9 aufgegeben, durch den sie mit einer Bitrate des übertragenen optischen Signals 1 synchronisiert wird, so daß die Peakposition der ersteren mit der der letzteren übereinstimmt. Danach wird die sinusförmige Spannung auf den optischen Modulator 4 vom InGaAsP-Elektroabsorptionstyp aufgegeben, um ihn zu betreiben. Der optische Faserverstärker 2 wird übrigens verwendet, um optischen Verlust zu kompensieren, der durch Verzweigung oder dergleichen ausgelöst ist, und er kann weggelassen werden, wenn die Intensität des optischen Signals 1 ausreichend hoch ist.

In dieser Ausführungsform kann die Transferfunktion des optischen Modulators 4 in der Zeitdomäne, das heißt, die Impulsbreite der in Fig. 2 gezeigten Gatewellenform 10 durch Verändern der Amplituden der Vorspannung und der sinusförmigen Spannung, die auf den optischen Modulator 4 aufgegeben werden, auf einen beliebigen Wert gesetzt werden. Die Gatefunktion mit kurzer Dauer kann auch nur mit der sinusförmigen Spannung erhalten werden. Dies ist einer der großen Vorteile dieser Ausführungsform, weil dieses Einzelfrequenzbetriebschema keinen Ultrabreitbandelektronikschaltkreis erfordert,

der gewöhnlich erforderlich ist, um einen elektrischen Antriebsimpuls von kurzer Dauer herzustellen. Sinusförmige Spannungen mit leichter Verschiebung können auch als Antriebsimpulse verwendet werden. Ein Betriebstest dieser Ausführungsform wurde vorgenommen unter Verwendung eines DFB-Lasers mit InGaAsP und $\lambda/4$ -Verschiebung, der bei einer einzigen Wellenlänge von $1,55 \mu\text{m}$ oszilliert, als Quelle des übertragenen optischen Signals, und ein optischer Modulator vom Halbleiterelektroabsorptionstyp mit einem InGaAsP-Modulationswellenleiter von $1,45 \mu\text{m}$ verbotener Bandwellenlänge. Es wurde in diesem Test bestätigt, daß durch Verändern der Vorspannung von -1 V auf -4 V durch Aufbringen einer Modulationsspannung (Modulationsstärke 23 dBm) einer sinusförmigen Welle von 5 GHz in $6,4 \text{ V}$ auf den optischen Modulator 4 die Impulsbreite der zuvor genannten Gatewellenform 10 beliebig zwischen 150 und 40 Picosekunden verändert werden kann. Umgekehrt kann durch Verändern der Amplitude der sinusförmigen Spannung von 5 GHz von 6 V auf 10 V , während die Vorspannung auf den optischen Modulator 4 auf -3 V gehalten wird, bei der ein Extinktionsverhältnis von 20 dB erhalten werden kann, die Impulsbreite der Gatewellenform 10 von 40 auf 80 Picosekunden geändert werden. Durch Verändern der Vorspannung auf den Modulator und der Amplitude der Modulationsspannung kann die Impulsbreite der Gatewellenform 10 über einen beliebigen Bereich von 10 bis 90% einer Periode der Modulationssignalwelle eingestellt werden.

Ferner wurde bestätigt, daß wenn das Gate des optischen Modulators 4 im geschlossenen Zustand ist, fast alle spektralen Rauschkomponenten des optischen Faserverstärkers 2 über ein Wellenlängenband von $1,52$ bis $1,58 \mu\text{m}$ eliminiert werden können. Insbesondere können, wenn eine Vorspannung von -6 V auf den optischen Modulator 4 aufgegeben wird, so daß das optische Signal, das durch den optischen Faserverstärker 2 hindurchgegangen ist bei 30 dB ausgelöscht würde, die spek-

tralen Rauschkomponenten des optischen Faserverstärkers 2 über das Wellenlängenband von 1,52 bis 1,58 μm auch im Bereich von 20 bis 30 dB gedämpft werden. Daher kann durch Einstellen der Verzögerungszeit des Verzögerungsschaltkreises, so daß der Input zum optischen Modulator 4 mit einer Bitrate des optischen Signals synchronisiert ist, und durch geeignetes Auswählen der Impulsbreite der Gatewellenform das optische Signal am Maximalpunkt der Gatewellenform maximal werden, und übermäßiges Verbreitern der Wellenform wird eliminiert, was automatisch die Zeitschwankungen korrigiert.

Auf diese Weise wird als Repeateroutput eine in der Wellenform geformte und zeitsynchronisierte optische Outputwellenform 11 erhalten, ohne akkumuliertes Rauschen wie es in Fig. 2 gezeigt ist.

Um dies zu bestätigen wurde ein Betriebstest durchgeführt, bei dem ein optischer Impulszug mit einer Wiederholungsperiode von 12 GHz und einer Impulsbreite von 45 psec auf die Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen gemäß dieser Ausführungsform aufgegeben, nachdem er einen optischen Faserverstärker durchlaufen hat. In dem Fall, wo die Vorspannung für den optischen Modulator -2 V betrug, war die Amplitude der sinusförmigen Spannung 5,7 V und die Gleichspannungsquelle, der Verzögerungsschaltkreis und der Verstärker waren so eingestellt, daß die Verzögerungszeit mit einer Biteinstellung des Inputimpulses zeitsynchronisiert ist, wurde ein Zug von optischen Outputimpulsen erhalten, die jeweils auf eine Impulsbreite von 25 psec und zeitsynchronisiert sind. Aus ihren Spektren wurde gefunden, daß die Rauschhöhe des Outputlichts um ungefähr 3 dB fiel, weil das akkumulierte Rauschen, das die Summe des gesamten Rauschens einer Vielzahl von optischen Verstärkern des Übertragungssystems im Zustand geschlossenen Gates darstellt, eliminiert wurden. Die Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen gemäß dieser Ausführungsform

rungsform kann daher als optischer Repeater verwendet werden, der Wellenformung durchführt und Zeitsynchronisation und eine Eliminierungsfunktion für akkumuliertes Rauschen besitzt.

In einem Fall, wo ein optischer Verstärker, der eine Verstärkungssättigungshöhe nahe der für das übertragene Signal nötigen Energiehöhe aufweist, mit dem Output des optischen Modulators 4 verbunden ist, wird leichte Polarisationsabhängigkeit von 0 bis ungefähr 1 dB des Einsatzverlustes des optischen Modulators durch den optischen Verstärker absorbiert, was zu einem konstanten Repeateroutput führt.

Ein Merkmal der Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen gemäß dieser Ausführungsform liegt darin, daß die Übertragungsdistanz des optischen Solitonkommunikationssystems mit erhöhtem Abstand optischer Verstärker beträchtlich lang angesetzt werden kann, indem die Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen als Repeater verwendet wird, beispielsweise alle 2000 km bevor die Zeitschwankung ein ernstes Problem darstellt, da sie in der Lage ist, Wellenformung, erneute Zeiteinteilung und die Eliminierung von Rauschen ungeachtet der Polarisation des übertragenen Signals vorzunehmen.

In einem linearen optischen Verstärkungskommunikationssystem, das einen gewöhnlichen Rücklaufkode verwendet, ist es auch möglich, die Übertragungsrate äußerst hoch und die Übertragungsdistanz beträchtlich lang anzusetzen, indem die Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen gemäß dieser Ausführungsform als Repeater verwendet wird, bevor das Verbreitern eines Impulses durch die Wellenlängendispersion durch die optische Faser ein ernstes Problem darstellt, weil es ermöglicht, Wellenformung, erneute Zeiteinteilung und die Eliminierung von Rauschen ungeachtet der Polarisation des übertragenen Signals vorzunehmen.

Ausführungsform 2

Fig. 3 stellt eine andere Ausführungsform der Erfindung dar und Fig. 4 Beispiele von Wellenformen. Es wird angenommen, daß ein optisches Impulssignal 12 mit einer bestimmten Rate über eine optische Faser übertragen durch Multiplexen geformt wird, auf der Zeitdomäne, eine Vielzahl von optischen Impulssignalen bei einer Rate von beispielsweise $1/4$ der Übertragungsrate moduliert wird. Die Ausführungsform von Fig. 3 besitzt eine Struktur, worin das zeitmultiplexe optische Impulssignal 12 durch einen durch einen optischen Koppler 13 gebildeten optischen Verzweigungsschaltkreis in vier Signale verzweigt wird und das optische Impulssignal einer Bitmodulationsrate vor dem Multiplexen aus einem der vier verzweigten Signale abgeleitet wird. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von Ausführungsform 1, indem jeder Bandpassfilter 14 in Fig. 3 ein Bandpassfilter ist, der im wesentlichen die fundamentale Frequenzkomponente nur des optischen Signals extrahiert, das mit einer Rate von $1/4$ der Transmissionsrate des zeitmultiplexen optischen Signals synchronisiert ist, und indem die Transferfunktion des optischen Modulators 4 vom InGaAsP-Elektroabsorptionstyp in der Zeitdomäne, das heißt der Impulsbreite der Gatewellenform 15 kleiner ist als die Zeitbreite, die ein Reziprokwert der Transmissionsrate des optischen Impulssignals 12 ist. Die Impulsbreite der Gatewellenform 15 ist nicht von Bedeutung, weil sie gemäß dem Modulationszustand auf einen beliebigen Wert eingestellt werden kann. Mit der Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen dieser Ausführungsform ist es möglich, einen optischen Output 16 mit Wellenformung, Zeitsynchronisation mit einer geringen Transmissionsrate und ohne akkumuliertes Rauschen zu erhalten.

In dieser Ausführungsform wurde die Transmissionsrate des zeitmultiplexen optischen Impulssignals 12 auf 10 Gb/s ein-

gestellt. Der Bandpassfilter 14 ist einer mit einem Passband von ungefähr 2,5 GHz und der Verstärker war so eingestellt, daß die sinusförmige Outputspannung 7,8 V beträgt. Die Gleichstromvorspannung wurde auf -2,2 V eingestellt. Ein Verzögerungsschaltkreis vom koaxialen Typ wurde verwendet, um die sinusförmige Spannung mit einer Reihe von optischen Impulssignalen mit einer Transmissionsrate von 2,5 Gb/s vor dem Zeitmultiplexen zu synchronisieren. Dadurch wurde eine optische Gatewellenform mit einer Reihe von optischen Impulssignalen vor dem Zeitmultiplexen synchronisiert und mit einer Breite von 25 Picosekunden erhalten, und eine gewünschte Reihe von optischen Impulsen vor dem Zeitmultiplexen wurde als Output dieser Vorrichtung erhalten. Die optischen Impulssignale der verbleibenden drei Reihen könnten durch erhöhen ihrer Verzögerungszeiten von 25, 50 und 75 Picosekunden von der oben genannten Verzögerungszeit getrennt werden.

Während diese Ausführungsform in Verbindung mit dem Fall des Trennens von vier multiplexen Signalen beschrieben wurde, wurde der Betrieb zum Trennen einer Maximalzahl von acht multiplexen Signalen experimentell bestätigt.

Diese Ausführungsform ist nicht spezifisch auf die optische Solitonkommunikation beschränkt, sondern kann auch als Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen eines optischen Verstärkungskommunikationssystems unter Verwendung eines Rücklaufkodes verwendet werden.

Obwohl diese Ausführungsform ferner den Bandpassfilter verwendet, um die fundamentale Frequenzkomponente der Transmissionsrate vor dem Multiplexen von Signalen zu extrahieren, kann er durch ein anderes Mittel ersetzt sein, das in der Lage ist, diese Funktion auszuführen, wie eine Kombination eines Bandpassfilters 14, der im wesentlichen die fundamentale Frequenzkomponente der multiplexen Transmissionsrate

extrahiert, und eines Frequenzkonverters 17, der die Frequenzkomponente des Signales konvertiert, das vor dem Multiplexen durch den Bandpassfilter in die fundamentale Frequenz durchgetreten ist, wie es in Fig. 5 gezeigt ist.

Die in Fig. 5 dargestellte Struktur ist auch für die in Fig. 6 dargestellte Schaltung modifiziert, da ein Output des Bandpassfilters 14 gemeinsam auf entsprechende Inputs aller Frequenzkonverter 17 aufgegeben werden kann.

Ein Merkmal der Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen gemäß dieser Ausführungsform liegt darin, daß wenn sie am Empfangsende des zeitmultiplexen optischen Kommunikationssystems verwendet wird, sie als optischer Demultiplexer dient, der die multiplexen Signale ungeachtet der Polarisation des übertragenen Signals trennt und das modulierte Signal vor dem Multiplexen nach dem Wellenformen, der Zeiteinteilung und Rauscheliminierung extrahiert. Gemäß dieser Ausführungsform ist es möglich, eine faseroptische Kommunikation in Ultrahochgeschwindigkeit und mit ultrahoher Kapazität zu erreichen, da Signale in der optischen Domäne getrennt werden können, ohne daß die Verwendung von elektrischen Hochgeschwindigkeitsschaltkreisen an den Übertragungs- und Empfangsenden nötig ist.

Ausführungsform 3

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist eine Vorrichtung zur Formung optischer Wellenformen, wodurch vier multiplexe optische Impulszüge von 10 Gb/s in den Verhältnissen 1 zu 3 und 2 zu 2 getrennt werden. In diesem Fall ist die Vorrichtung in der Konstruktion identisch zu der in den Figuren 3, 5 und 6 gezeigten Ausführungsform, in der der optische Koppler 13 modifiziert ist, so daß er das optische Inputsignal in zwei verzweigt. Die Gleichspannungen, die sinusförmig

gen Modulationsspannungen und die Verzögerungszeiten sind so eingestellt, daß die optischen Gatewellenformen entsprechender optischer Modulatoren vom Elektroabsorptionstyp das komplementäre Verhältnis in einer Periode erfüllen. Die Bedingungen zum Betrieb eines optischen Modulators im Falle des Verzweigungsverhältnisses 1 zu 3 sind insbesondere wie folgt: da für den optischen Modulator zum Extrahieren dreier Reihen die Verzögerung um 50 Picosekunden verzögert war, betrug die Vorspannung $-0,4$ V, die Modulationsspannung $7,2$ V und eine Gatewellenform einer Breite von 75 psec wurde geformt, die das Komplementärverhältnis zu der zuvor genannten optischen Gatewellenform von 25 psec Breite erfüllt. Dadurch wurde eine Reihe von optischen Impulsen vor dem Multiplexen aus einem optischen Modulator erhalten und die drei anderen Reihen von optischen Impulsen wurden aus dem anderen optischen Modulator erhalten. Durch Einstellen der Vorspannung und der Modulationsspannung für jeden der beiden optischen Modulatoren auf $-1,8$ bzw. $7,5$ V und durch Verschieben nur der Verzögerungszeiten um 50 Picosekunden, können die vier multiplexen Signale außerdem im Verhältnis 2 zu 2 getrennt werden. In ähnlicher Weise wurde eine Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen zum Trennen von optischen Impulssignalen von 10 Gb/s im Verhältnis n zu $8-n$ (worin $n = 1, 2, 3, 4$) hergestellt. Da die Gleichspannung in einem Fall, wo ein optisches Gate einer Breite von mehr als 80% der Periode geformt wurde, und die optischen Signale im Verhältnis 1 zu 7 getrennt werden, wurde eine positive Spannung von $+0,4$ V, nicht die umgekehrte oder negative Spannung verwendet. Dementsprechend ist die Gleichspannungsquelle in dieser Ausführungsform nicht spezifisch auf die Umkehrspannung des optischen Modulators beschränkt.

Die Vorrichtung dieser Ausführungsform ermöglicht ein Umschalten von multiplexen optischen Signalen und kann daher

auch als optischer Schalter an einem Verzweigungspunkt in einem faseroptischen Kommunikationsnetzwerk verwendet werden.

Während oben der optische Modulator als optischer Modulator vom InGaAsP-Elektroabsorptionstyp beschrieben wurde, ist es auch möglich, einen optischen Modulator vom Absorptionstyp einer Quantenquellenstruktur zu verwenden, die so konstruiert ist, daß sie seine Polarisationsabhängigkeit reduziert, und bei dem die Quantenquellenschicht durch eine Schicht aus InGaAsP oder InGaAs gebildet ist und die Quantenbarrierschicht durch eine Schicht von InP oder InGaAsP gebildet ist, die eine größere Energielücke aufweist als die Quantenquellenschicht. Es ist auch möglich, einen optischen Modulator vom Absorptionstyp mit einer Quantenquellenstruktur aus InGaAlAs/InAlAs oder InGaAs/InAlAs zu verwenden.

Die vorliegende Erfindung mit der obigen Konstruktion ergibt die nachfolgend angegebenen Vorteile.

Die erste Vorrichtung zum Formen von Wellenformen ermöglicht Wellenformung, erneute Zeiteinteilung und die Eliminierung von Rauschen des Faserverstärkungssystems ungeachtet der Polarisation des übertragenen Signals vorzunehmen, und kann daher als Repeater des optischen Solitonkommunikationssystems verwendet werden, das durch Polarisation Schwankungen erleidet. Da der Betrieb im Prinzip bei einer einzigen Frequenz erfolgt, benötigt die Vorrichtung ferner keine elektronischen Hochgeschwindigkeitsschaltungen und daher kann ihr Betrieb leicht beschleunigt werden, was es möglich macht, ein optisches Kommunikationssystem in Ultrahochgeschwindigkeit mit beträchtlich langer Übertragungsdistanz einzurichten. Die zweite Vorrichtung zum Formen von Wellenformen kann, wenn sie am Empfangsende eines zeitmultiplexen, optischen Ultrahochgeschwindigkeitskommunikationssystem angeordnet wird, als optischer Demultiplexer verwendet werden, der das zeitmultiplexe

Signal in der optischen Domäne ungeachtet des Polarisationszustands des übertragenen Signals trennt. Außerdem kann sie auch als optischer Schalter verwendet werden, der das übertragene Signal in ein beliebiges Verhältnis teilt. Da die Vorrichtung im Prinzip einen Einfrequenzbetrieb bei einer niedrigen Frequenz durchführt und keine spezifischen elektronischen Hochgeschwindigkeitsschaltungen erfordert, kann ein optisches Ultrahochgeschwindigkeitskommunikationssystem leicht erhalten werden.

- - - - -

Europ. Patentanmeldung: 93300774.2

Veröffentlichungsnummer: 555 063

Deutsche Übersetzung der Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen, in der bei Anwendung ein optisches Inputimpulssignal (1) in einem Modulator durch ein Modulationssignal so moduliert wird, daß eine Wellenformung und eine erneute Zeiteinteilung vorgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein Inputweg zum Empfangen des optischen Inputimpulssignals (1) durch einen optischen Verzweigungsschaltkreis (3) in zwei Wege verzweigt wird, wobei jeder der Wege zum Empfangen eines zugehörigen der beiden verzweigten optischen Signale aus dem optischen Verzweigungsschaltkreis (3) vorgesehen ist, ein optischer Modulator (4) vom Halbleiterelektroabsorptionstyp als Modulator in einem der beiden Wege vorgesehen ist, um eines der beiden verzweigten optischen Signale durch das Modulationssignal zu modulieren, wobei, bei Anwendung, eine Gleichspannung auf den optischen Modulator (4) aus einer Gleichspannungsquelle (8) aufgebracht wird, und daß der andere Weg der beiden Wege dazu vorgesehen ist, daß er das Modulationssignal von dem anderen der beiden verzweigten optischen Signale erhält, wobei der andere Weg umfaßt:
einen Photodetektor (5) zum Empfangen des anderen der beiden verzweigten optischen Signale und zum Konvertieren dieses Signals in ein elektrisches Signal, einen Bandpassfilter (6), um Durchtritt einer im wesentlichen sinusförmigen Spannung hierdurch zu ermöglichen, die mit einer Bitrate des optischen Inputimpulssignals synchronisiert ist, die die fundamentale Frequenzkomponente des durch den Photodetektor (5) konvertierten elektrischen Signals ist,

einen Verstärker zum Verstärken der sinusförmigen Spannung, die den Bandpassfilter (6) passiert hat, und einen Verzögerungsschaltkreis (9) zum Empfangen und Verzögern der sinusförmigen Spannung, die von dem Verstärker verstärkt wurde, und der Gleichspannung von der Gleichspannungsquelle, und um sie auf den optischen Modulator (4) vom Halbleiterelektroabsorptionstyp aufzubringen.

2. Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen, in der bei Anwendung eine Vielzahl von von einem optischen Inputzeitmultipleximpulssignal (12) erhaltene optische Inputimpulssignale jeweils in einer Vielzahl von Modulatoren durch entsprechende Modulationssignale moduliert werden, um eine Wellenformformung und Zeitsynchronisation der zugehörigen der Vielzahl von optischen Inputimpulssignalen durchzuführen, dadurch gekennzeichnet, daß: ein erster optischer Verzweigungsschaltkreis (13) zum Verzweigen des optischen Inputzeitmultipleximpulssignals (12) in die Vielzahl von optischen Inputimpulssignalen vorgesehen ist, jeder einer Vielzahl von Inputwegen, die zum Empfangen einzelner der Vielzahl von optischen Inputimpulssignalen vorgesehen sind, durch einen zugehörigen einer Vielzahl von zweiten optischen Verzweigungsschaltkreisen (3) in ein entsprechendes Paar einer Vielzahl von Wegepaaren verzweigt wird, deren jedes vorgesehen ist, um zwei verzweigte optische Signale von dem zugehörigen der Vielzahl von zweiten optischen Verzweigungsschaltkreisen (3) zu empfangen, jeder einer Vielzahl von optischen Modulatoren (4) vom Halbleiterelektroabsorptionstyp ist, wie ein zugehöriger der Modulatoren, in einem entsprechenden Wegepaar vorgesehen, um eines der beiden verzweigten optischen Signale durch ein zugehöriges der Modulationssignale zu modulie-

ren, wobei, bei Anwendung, aus einer zugehörigen einer Vielzahl von Gleichspannungsquellen (8) eine Gleichspannung auf den zugehörigen optischen Modulator (4) vom Halbleiterelektroabsorptionstyp aufgebracht wird, daß der andere Weg jedes Paares vorgesehen ist, um ein entsprechendes Modulationssignal vom anderen der beiden verzweigten optischen Signale in dem Wegepaar zu erhalten, wobei der andere Weg umfaßt:

eine Vielzahl von Photodetektoren (5), jeder zum Empfangen des anderen der beiden verzweigten optischen Signale und zum Konvertieren des anderen verzweigten optischen Signals in ein elektrisches Signal,

eine Vielzahl von Mitteln (14; 14,17), jedes zum Ableiten einer im wesentlichen sinusförmigen Spannung aus dem zugehörigen der Vielzahl von elektrischen Signalen, die mit einer Bitrate eines nicht multiplexen optischen Inputimpulssignals synchronisiert ist, die die fundamentale Frequenzkomponente jedes der optischen Inputimpuls-signale ist,

eine Vielzahl von Verstärkern, jeder zum Verstärken der sinusförmigen Spannung, die ein zugehöriges der Vielzahl von Mitteln (14) passiert hat und

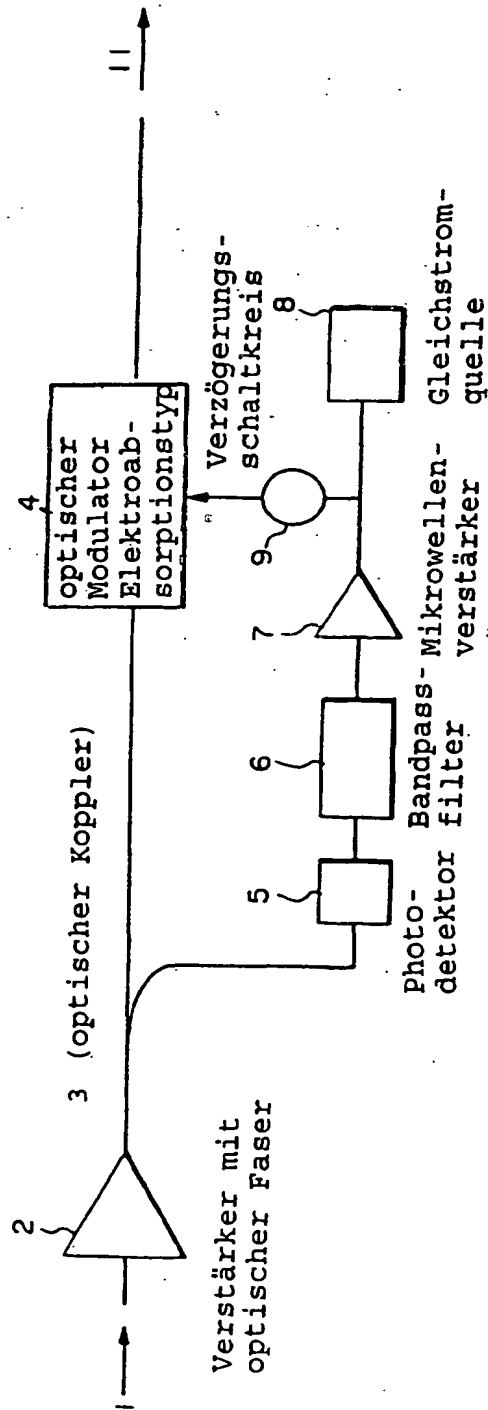
eine Vielzahl von Verzögerungsschaltkreisen (9) jeder zum Empfangen und Verzögern der sinusförmigen Spannung, die durch einen zugehörigen der Verstärker verstärkt ist, und einer zugehörigen Gleichspannung von der zugehörigen Gleichspannungsquelle und zum Aufbringen der verstärkten sinusförmigen Spannung auf einen zugehörigen optischen Modulator (4) vom Halbleiterelektroabsorptionstyp.

3. Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Vielzahl von Mitteln zum Ableiten einer im wesentlichen sinusförmigen Spannung, die mit einer Bitrate eines nicht multi-

plexen optischen Inputimpulssignals synchronisiert ist, einen Bandpassfilter (14) umfaßt, um Durchtritt einer im wesentlichen sinusförmigen Spannung hierdurch zu ermöglichen, die mit einer Bitrate des nicht multiplexen optischen Impulssignals synchronisiert ist, die die fundamentale Frequenzkomponente des nicht multiplexen optischen Impulssignals ist.

4. Vorrichtung zum Formen optischer Wellenformen nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Vielzahl von Mitteln zum Ableiten einer im wesentlichen sinusförmigen Spannung, die mit einer Bitrate eines nicht multiplexen optischen Inputimpulssignals synchronisiert ist, einen Bandpassfilter (14) umfaßt zum Extrahieren der im wesentlichen fundamentalen Frequenzkomponente der Übertragungsrate nach Multiplexen und eines Frequenzkonverters (17), der die Frequenzkomponente des Signals nach dem Passieren des Bandpassfilters (14) in die fundamentale Frequenzkomponente des nicht multiplexen optischen Impulssignals konvertiert.

Fig. 1



07.07.99

2/6

Fig. 2

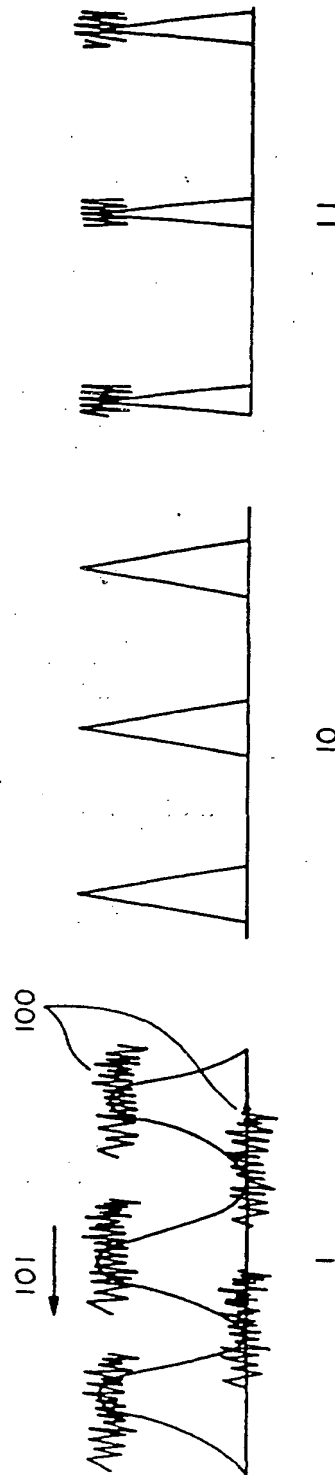
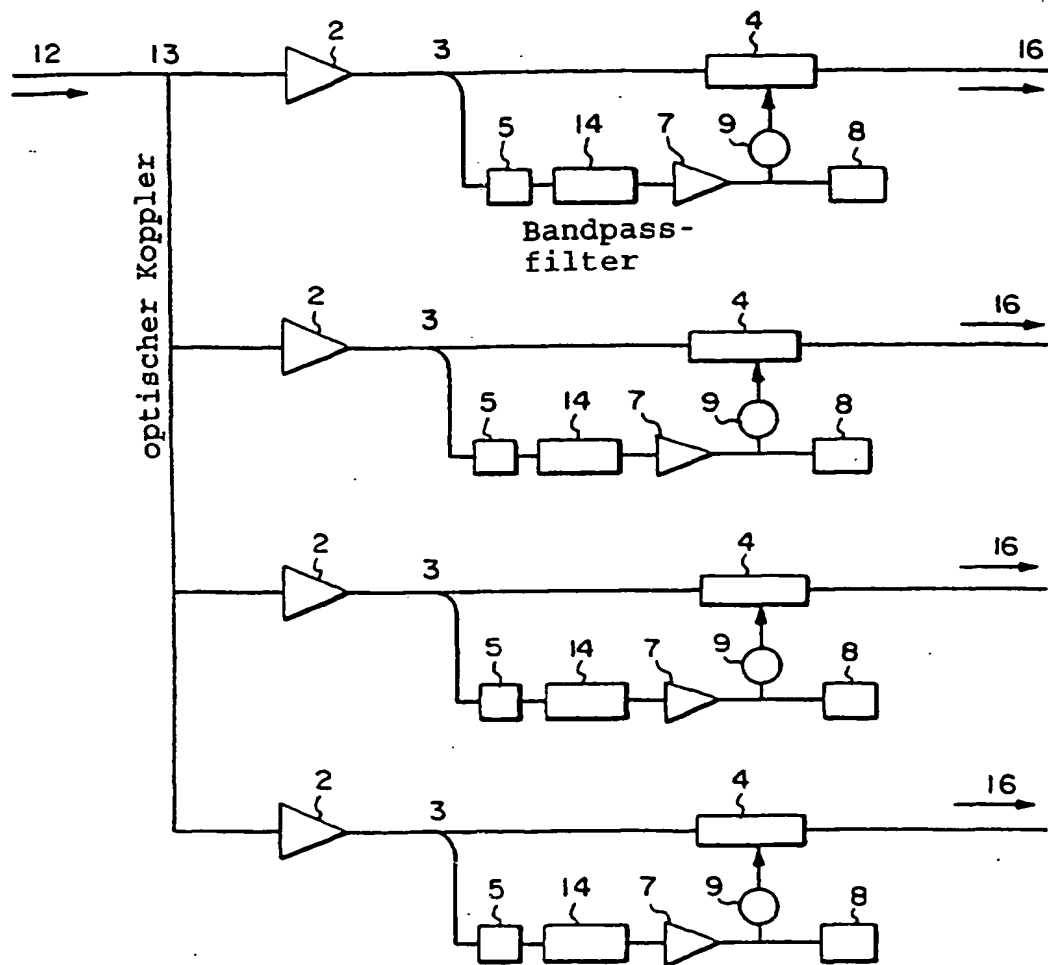


Fig. 3



4/6

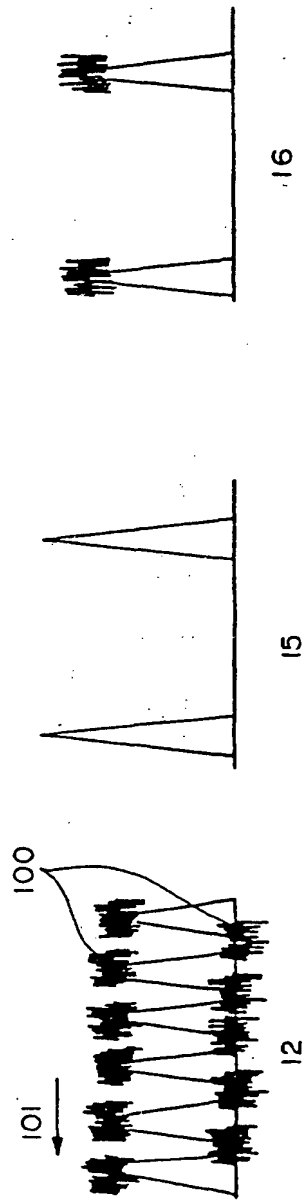


Fig. 4

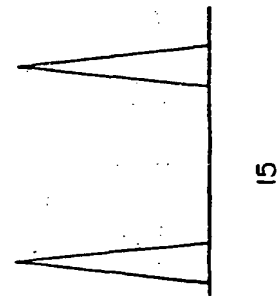
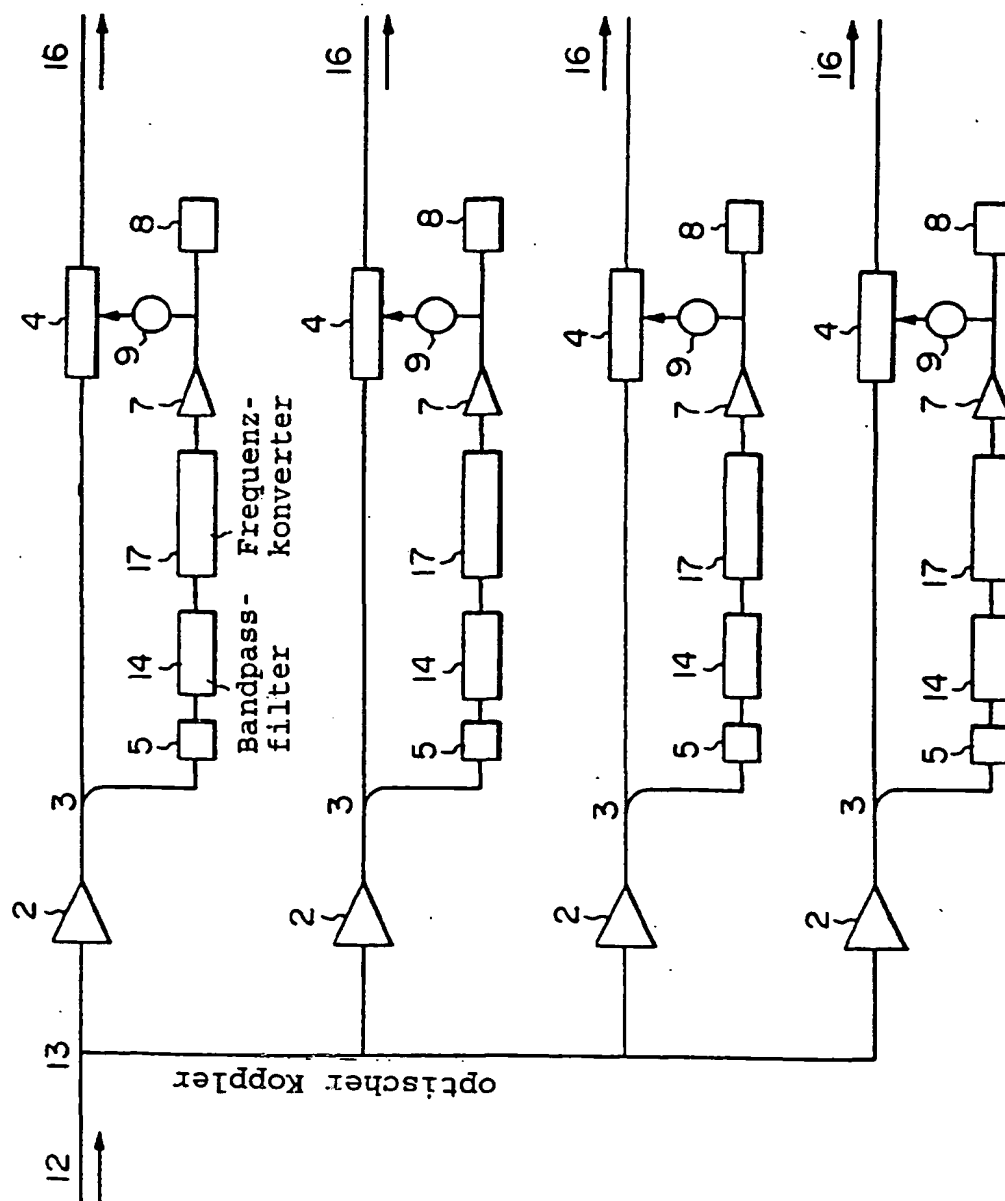


Fig. 5



07.07.99

6/6

Fig. 6

